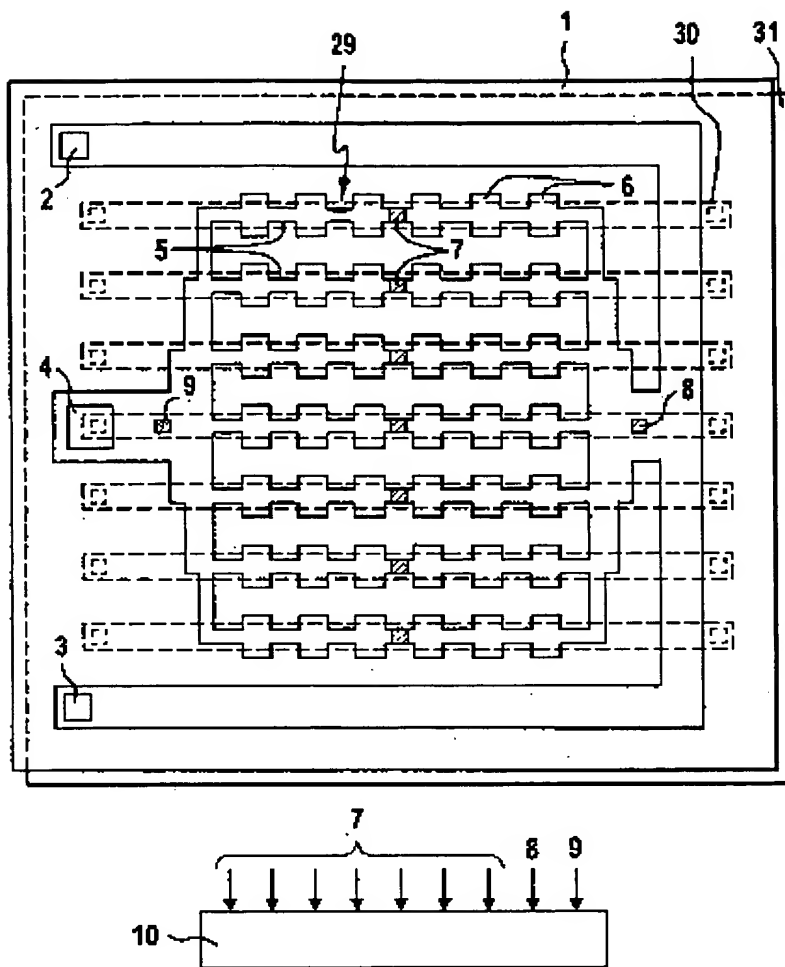


AN: PAT 2003-663541
TI: Microfluidic system comprising similar parallel paths and sensors for detecting magnitudes associated with flow rate to diagnose variations in operational state
PN: WO2003066216-A1
PD: 14.08.2003
AB: NOVELTY - A microfluidic system comprising similar parallel individual fluid paths (5) associated with identically-positioned sensors (7) for detecting physical or chemical magnitudes associated with flow, where the sensors are connected to an evaluation unit (10) and departures in measured magnitudes are diagnosed as variation in operational state, is new.; USE - The microfluidic system with similar parallel paths and a state diagnosis system is useful for chemical or biological synthesis or analysis. ADVANTAGE - Microfluidic systems have many desirable advantages, but problems arise as a result of local viscosity change, causing restrictions to, or blockage of flow. The new microfluidic system monitors the flow from its effects, observing comparative variation as a change in operational state. Should this occur, cognizance and action can be taken, e.g. the blocked channel can be shut-off. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - A schematic diagram shows the arrangement of microfluid channels and sensing equipment. Microfluidic component 1 Parallel microchannels 5 Sensors 7 Evaluation unit 10
PA: (SIEI) SIEMENS AG;
IN: BREIMESSER F; HASSEL J; LADES I; STECKENBORN A;
FA: WO2003066216-A1 14.08.2003; JP2005517161-W 09.06.2005; **DE10204414**-A1 04.09.2003; AU2003212192-A1 02.09.2003; EP1472002-A1 03.11.2004; DE10390346-T 05.01.2005; US2005054111-A1 10.03.2005;
CO: AE; AG; AL; AM; AT; AU; AZ; BA; BB; BE; BG; BR; BY; BZ; CA; CH; CN; CO; CR; CU; CY; CZ; DE; DK; DM; DZ; EA; EC; EE; EP; ES; FI; FR; GB; GD; GE; GH; GM; GR; HR; HU; ID; IE; IL; IN; IS; IT; JP; KE; KG; KP; KR; KZ; LC; LI; LK; LR; LS; LT; LU; LV; MA; MC; MD; MG; MK; MN; MW; MX; MZ; NL; NO; NZ; OA; OM; PH; PL; PT; RO; RU; SC; SD; SE; SG; SI; SK; SL; SZ; TJ; TM; TN; TR; TT; TZ; UA; UG; US; UZ; VC; VN; WO; YU; ZA; ZM; ZW;
DN: AE; AG; AL; AM; AT; AU; AZ; BA; BB; BG; BR; BY; BZ; CA; CH; CN; CO; CR; CU; CZ; DE; DK; DM; DZ; EC; EE; ES; FI; GB; GD; GE; GH; GM; HR; HU; ID; IL; IN; IS; JP; KE; KG; KP; KR; KZ; LC; LK; LR; LS; LT; LU; LV; MA; MD; MG; MK; MN; MW; MX; MZ; NO; NZ; OM; PH; PL; PT; RO; RU; SC; SD; SE; SG; SK; SL; TJ; TM; TN; TR; TT; TZ; UA; UG; US; UZ; VC; VN; YU; ZA; ZM; ZW;
DR: AT; BE; BG; CH; CY; CZ; DE; DK; EA; EE; ES; FI; FR; GB; GH; GM; GR; HU; IE; IT; KE; LS; LU; MC; MW; MZ; NL; OA; PT; SD; SE; SI; SK; SL; SZ; TR; TZ; UG; ZM; ZW; AL; LI; LT; LV; MK; RO;
IC: B01F-005/06; B01F-005/066; B01F-013/00; B01F-013/000; B01J-019/00; B01J-019/000; B01L-003/00; B81B-001/00; B81B-007/02; B81B-007/04; G01N-035/00; G01N-037/00;
MC: B11-C08; B12-K04; D05-H09; J04-B01; J04-X04; S02-C01A1; S02-C01B7; S03-F03X;
DC: B04; D16; J04; Q68; S02; S03;
FN: 2003663541.gif
PR: DE1004414 04.02.2002;
FP: 14.08.2003
UP: 16.06.2005





①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 102 04 414 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
B 81 B 7/02
B 81 B 7/04
B 01 J 19/00
G 01 N 35/00

②① Aktenzeichen: 102 04 414.7
②② Anmeldetag: 4. 2. 2002
④③ Offenlegungstag: 4. 9. 2003

DE 102 04 414 A 1

⑦① Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:
Breimesser, Fritz, 90491 Nürnberg, DE; Hassel,
Jörg, 91058 Erlangen, DE; Lades, Ingeborg, 91056
Erlangen, DE; Steckenborn, Arno, Dr., 13589 Berlin,
DE

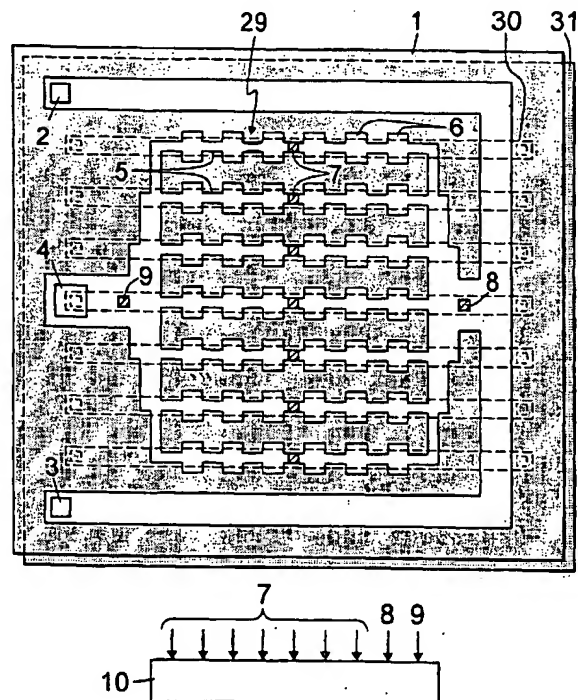
⑤⑥ Entgegenhaltungen:
US200 1/00 52 460 A1
US 61 71 865 B1
US 60 01 231
EP 11 23 739 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Mikrofluidik-System**

⑤⑦ Um bei einem Mikrofluidik-System mit gleichartigen parallelen Fluidpfaden eine Funktionsüberwachung zu ermöglichen, sind den einzelnen Fluidpfaden (5) an jeweils den gleichen Stellen Sensoren (7) zur Aufnahme einer durch den Fluidstrom in den Fluidpfaden (5) beeinflussbaren physikalischen Größe zugeordnet und die Sensoren (7) an einer Auswerteeinrichtung (10) angeschlossen, die aus Abweichungen der von den Sensoren (7) erfassten Größen eine Veränderung des Betriebszustandes des Mikrofluidik-Systems diagnostiziert.



DE 102 04 414 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Mikrofluidik-System mit gleichartigen parallelen Fluidpfaden.

[0002] Mikrofluidik-Systeme versprechen bei der Durchführung von chemischen oder biochemischen Analyse- und Syntheseprozessen enorme Verbesserungen bezüglich Qualität, Schnelligkeit und Kostenaufwand gegenüber makroskopischen Systemen, da die Reaktions- und Verweilzeiten in den Fluidpfaden sehr kurz sind und nur sehr geringe Substanzmengen hochgenau und reproduzierbar eingesetzt und verarbeitet werden. Um insbesondere bei industrieller Anwendung den Anforderungen an Menge, Durchsatz und Produktivität zu genügen, müssen die Fluidpfade, gegebenenfalls in hoher Anzahl, parallel geschaltet werden (numbering-up). Die Parallelschaltung kann je nach Anwendungsfall dadurch geschehen, dass in Mikrofluidik-Bauteilen, beispielsweise einem Mischer, jeweils mehrere gleichartige Mikrokanäle ausgebildet und parallel geschaltet sind, oder dass ganze Mikrofluidik-Bauteile bzw. aus Mikrofluidik-Bauteilen zusammengesetzte Systeme mehrfach parallel geschaltet werden. Durch geeignete Verfahren der Mikrotechnik (z. B. Ätzverfahren, LIGA-Technik oder Mikromechanik) können die parallelen Fluidpfade mit hoher Präzision gleichartig hergestellt werden, so dass in allen parallel geschalteten Fluidpfaden jeweils dieselben Prozessverhältnisse, wie Druck, Temperatur, Massendurchfluss usw., herrschen sollten und daher aus allen parallelen Fluidpfaden jeweils die gleichen Produkte erhalten werden und ohne Qualitätsverluste zusammengeführt werden können.

[0003] Jedoch neigen Mikrofluidik-Systeme zu betriebsbedingten Veränderungen des effektiven Durchflusswiderstandes sowohl durch lokale Schwankungen der Viskosität des Fluids als auch durch Verstopfungen der Fluidpfade, was zu einer weiteren Veränderung des Betriebszustandes und zu einer fortschreitenden Verstopfung bis hin zu einem Totalausfall des Systems führen kann. Während in makroskopischen Systemen beispielsweise der Massendurchfluss ohne weiteres und nahezu störungsfrei gemessen und einer Durchflussregelung aufgegeben werden kann, ist dies bei parallelisierten Mikrofluidik-Systemen für die einzelnen Fluidpfade mit vertretbarem Aufwand nicht möglich.

[0004] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Funktionsüberwachung von parallelisierten Mikrofluidik-Systemen zu ermöglichen.

[0005] Gemäß der Erfindung wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass bei dem Mikrofluidik-System der eingangs angegebenen Art den einzelnen Fluidpfaden an jeweils den gleichen Stellen Sensoren zur Aufnahme einer durch den Fluidstrom in den Fluidpfaden beeinflussbaren physikalischen oder chemischen Größe zugeordnet sind und dass die Sensoren an einer Auswerteeinrichtung angeschlossen sind, die aus Abweichungen der von den Sensoren erfassten Größen eine Veränderung des Betriebszustandes des Mikrofluidik-Systems diagnostiziert. Unter den gleichen Stellen sind in Bezug auf die zu erfassende Größe jeweils gleichwertige Stellen zu verstehen; so ist beispielsweise in einem Kanal ohne Abzweig der Durchfluss des Fluids überall gleich, während der Druck z. B. aufgrund des strömungsbedingten Druckabfalls unterschiedlich sein kann. Bei den physikalischen Größen kann es sich insbesondere um Druck, Temperatur und Durchfluss, bei den chemischen Größen beispielsweise um den pH-Wert handeln.

[0006] Da die Fluidpfade des parallelisierten Mikrofluidik-Systems gleichartig ausgebildet sind, herrschen im störungsfreien Zustand des Systems in allen parallelen Fluidpfaden an den jeweils gleichen Stellen jeweils dieselben Prozessverhältnisse, so dass die Sensoren jeweils den-

selben Wert der physikalischen oder chemischen Größe erfassen. Weicht dagegen eine Größe von den anderen erfassten Größen wertemäßig ab, so zeigt dies eine Störung in dem zugeordneten Fluidpfad an. Je nach System bzw. Anwendung können dann unterschiedliche Maßnahmen ausgelöst werden. So kann aus Sicherheitsgründen das gesamte System oder auch nur der betreffende Fluidpfad abgeschaltet werden, wobei anstelle des abgeschalteten Fluidpfades ein bis dahin nicht benutzter Ersatz-Fluidpfad zugeschaltet werden kann. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Einleitung eines Spülvorganges, um die Störung in dem betreffenden Fluidpfad zu beseitigen. Soll der Prozess ohne Unterbrechung fortgeführt werden, so können durch Änderungen globaler Größen, wie z. B. des Gesamtdruckes oder des Gesamtmassendurchflusses die Prozessbedingungen verändert werden. Alternativ kann die Verteilung des Durchflusses in den einzelnen parallelen Fluidpfaden durch Betätigung von Mikrostellventilen in den einzelnen Fluidpfaden oder durch eine lokale Verschiebung der Wirkungsfläche, also beispielsweise durch eine lokale Temperaturveränderung, korrigiert werden; letztere ist insbesondere bei stark exothermen oder endothermen Reaktionen angezeigt, da solche Reaktionen ohne Korrektur in hohem Maße zu einer Beschleunigung der Veränderung neigen.

[0007] Bei den Fluidpfaden, die an jeweils den gleichen Stellen mit den Sensoren überwacht werden, kann es sich um parallele Mikrokanäle in einem Mikrofluidik-Bauteil, beispielsweise einem Mikroreaktor, handeln.

[0008] Bei Mikrofluidik-Systemen, in denen ganze Mikrofluidik-Bauteile bzw. aus Mikrofluidik-Bauteilen zusammengesetzte Systeme parallelgeschaltet sind, bezieht sich die Überwachung auf die jeweils parallel geschalteten Mikrofluidik-Bauteile bzw. Systeme; d. h. die überwachten Fluidpfade sind dann jeweils die fluidführenden Strukturen in den einzelnen parallel geschalteten Mikrofluidik-Bauteilen, wobei natürlich auch die fluidführenden Strukturen ihrerseits parallele Mikrokanäle aufweisen können, die, wie oben erwähnt, auf dieselbe Art und Weise überwacht werden können.

[0009] Bei den Sensoren kann es sich beispielsweise um Drucksensoren handeln, die an den jeweils gleichen Stellen in den Fluidpfaden die Drücke erfassen. Als Referenzdruck kann dabei der Eingangsdruck oder Ausgangsdruck des Fluids an dem Eingang bzw. Ausgang der Parallelschaltung dienen, so dass im Falle einer Verstopfung des Fluidpfades feststellbar ist, ob die Verstopfung in dem Bereich zwischen dem Eingang und der Stelle der Druckmessung oder zwischen der Stelle der Druckmessung und dem Ausgang liegt.

[0010] Alternativ kann es sich bei den Sensoren um Temperatursensoren handeln, die die Temperaturen in der Umgebung der parallelen Fluidpfade an den jeweils gleichen Stellen erfassen. Sind die Massendurchflüsse durch die Fluidpfade unterschiedlich, so ergeben sich Temperaturunterschiede, welche eine Veränderung des Betriebszustandes anzeigen.

[0011] Eine weitere Möglichkeit der Überwachung besteht in der Erfassung der mechanischen Spannungen in der Umgebung der parallelen Fluidpfade. Aufgrund von Druck- und/oder Temperaturunterschieden in den einzelnen Fluidpfaden können an den unterschiedlichen Stellen unterschiedliche mechanische Spannungen entstehen.

[0012] Natürlich können für jeden Fluidpfad auch mehrere gleichartige Sensoren an unterschiedlichen Stellen oder auch unterschiedliche Sensoren zur Erfassung unterschiedlicher physikalischer oder chemischer Größen vorgesehen werden, um Fehler genauer lokalisieren zu können und die Überwachung insgesamt zuverlässiger zu machen.

[0013] Bei der Parallelschaltung von Mikrofluidik-Bautei-

len bzw. Systemen von Mikrofluidik-Bauteilen können in vorteilhafter Weise jeweils ein Mikrofluidik-Bauteil als Master und die übrigen parallelen Mikrofluidik-Bauteile als Slaves arbeiten, wobei die Slaves jeweils eine gegenüber dem Master reduzierte Sensorik aufweisen und die an den Sensoren angeschlossene Auswerteeinrichtung Veränderungen des Betriebszustandes der Slaves gegenüber dem Master diagnostiziert. Während der Master jeweils mit der kompletten Sensorik ausgestattet ist, um einen Prozess oder Teilprozess vollständig zu steuern, ist die Sensorik der Slaves auf ein Mindestmaß reduziert. Die von dem Master im Rahmen der Prozesssteuerung vorgenommenen Einstellungen, z. B. Steuerbefehle für Stellventile, werden von den Slaves übernommen, so dass dort dieselben Betriebszustände wie bei dem Master eingestellt werden. Die an den Sensoren angeschlossene Auswerteeinrichtung überwacht dann nur noch, ob die Betriebszustände der Slaves gegenüber denen des Masters abweichen. Dadurch lässt sich bei einem parallelisierten Mikrofluidik-System der Aufwand für die Sensorik erheblich reduzieren.

[0014] Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird im Folgenden auf die Figuren der Zeichnung Bezug genommen; im Einzelnen zeigen:

[0015] Fig. 1 ein Mikrofluidik-Bauteil mit parallelen Mikrokanälen, die von Sensoren und einer daran angeschlossenen Auswerteeinrichtung überwacht werden und

[0016] Fig. 2 ein aus einer Vielzahl von Mikrofluidik-Bauteilen zusammengesetztes parallelisiertes Mikrofluidik-System, bei dem die jeweils parallelen Mikrofluidik-Bauteile mit Hilfe von Sensoren und einer daran angeschlossenen Auswerteeinrichtung überwacht werden.

[0017] Fig. 1 zeigt ein Mikrofluidik-Bauteil, hier einen Mischer oder Reaktor, in dem zwischen zwei Eingängen 2 und 3 für zwei zu mischende Fluide und einem Ausgang 4 für das durch Mischen erzeugte Produkt mehrere gleichartige parallele Mikrokanäle 5 ausgebildet sind, in denen die beiden zusammengeführten Fluide in aufeinanderfolgenden Mischstufen 6 gemischt werden und dabei gegebenenfalls reagieren.

Jeder der Mikrokanäle 5 enthält beispielsweise auf halbem Wege in der Mitte jeweils einen Drucksensor 7. Die Drucksensoren 7 und zwei weitere Drucksensoren 8 und 9 zur Messung der Eingangs- und Ausgangsdrücke des Mikrofluidik-Bauteils 1 sind an einer Auswerteeinrichtung 10 angeschlossen. Im störungsfreien Betriebszustand herrschen in den einzelnen Mikrokanälen 5 jeweils die gleichen Prozessverhältnisse, so dass die mit den Sensoren 7 erfassten Drücke jeweils gleich sind. Bezogen auf den mit dem Drucksensor 8 erfassten Eingangsdruck oder den mit dem Drucksensor 9 erfassten Ausgangsdruck entsprechen die mit den Sensoren 7 erfassten Drücke jeweils der Hälfte des gesamten Druckabfalls über die Mikrokanäle 5. Ist einer der Mikrokanäle 5 beispielsweise an der mit 29 bezeichneten Stelle vollständig verstopft, so erfasst der zugehörige Drucksensor 7 denselben Druck wie der Drucksensor 8, so dass die Druckdifferenz zwischen dem zugeordneten Sensor 7 und dem Sensor 8 Null und zwischen dem Sensor 7 und dem Sensor 9 dem gesamten Druckabfall über die Mikrokanäle 5 entspricht. Die Auswerteeinrichtung 10 kann also aus Abweichungen der von den Sensoren 7 erfassten Drücke Veränderungen des Betriebszustandes des Mikrofluidik-Bauteils 1 diagnostizieren und Störungen in den einzelnen Mikrokanälen 5 lokalisieren. Werden, wie hier nicht gezeigt ist, zwischen allen Mischstufen 6 jeweils Drucksensoren 7 angeordnet, so können Störungen noch genauer lokalisiert werden. Die Auswirkung einer beginnenden, d. h. noch nicht vollständigen Verstopfung in einem der Mikrokanäle 5 kann beispielsweise dadurch kompensiert werden, dass das

Mikrofluidik-Bauteil 1 an der Stelle des betreffenden Mikrokanals 5 zusätzlich erwärmt wird. Dazu können z. B. den Mikrokanälen 5 weitere Kanäle 30 eines Wärmetauschers 31 zugeordnet sein, die über hier nicht gezeigte Mikroventile einzeln schaltbar sind und so eine unterschiedliche Erwärmung bzw. Kühlung der einzelnen Mikrokanäle 5 ermöglichen.

[0019] Fig. 2 zeigt ein parallelisiertes Mikrofluidik-System, bei dem zu einem ersten System mit aufeinanderfolgenden Mikrofluidik-Bauteilen 11, 12, 13 weitere gleichartige Systeme mit Mikrofluidik-Bauteilen 14, 15, 16 bzw. 17, 18, 19 parallelgeschaltet sind. Die Mikrofluidik-Bauteile 11, 14, 17 sind jeweils gleichartig ausgebildet; dasselbe gilt entsprechend für die Mikrofluidik-Bauteile 12, 15, 18 bzw. 13, 16, 19. Die Mikrofluidik-Bauteile 11, 14, 17 weisen an jeweils der gleichen Stelle jeweils einen Sensor 20, beispielsweise einen Temperatursensor, auf, der an einer Auswerteeinrichtung 21 angeschlossen ist. Entsprechend sind auch die anderen Mikrofluidik-Bauteile 12, 15, 18 bzw. 13, 16, 19 mit Sensoren 22 bzw. 23 versehen, die an Auswerteeinrichtungen 24 bzw. 25 angeschlossen sind. Solange das Mikrofluidik-System fehlerfrei arbeitet, sind die Prozessverhältnisse in den jeweils parallelen Mikrofluidik-Bauteilen, z. B. 11, 14, 17, gleich, so dass die zugeordneten Sensoren 20 jeweils dieselbe physikalische Größe, hier Temperatur, erfassen. Im Falle eines Fehlers in einem der Mikrofluidik-Bauteile, z. B. 17, wird sich aufgrund des veränderten Massendurchflusses durch das betreffende Mikrofluidik-Bauteil 17 die dort erfasste Temperatur ändern, so dass die Auswerteeinrichtung 21 aus der Abweichung der betreffenden Temperatur gegenüber den an den anderen Mikrofluidik-Bauteilen 11 und 14 erfassten Temperaturen eine Veränderung des Betriebszustandes des Mikrofluidik-Bauteils 17 diagnostiziert. Bei den Mikrofluidik-Bauteilen 13, 16, 19 handelt es sich z. B. um Mischer bzw. Reaktoren, wobei die Sensoren 23 beispielsweise den pH-Wert der gemischten Fluide und damit ihr Mischungsverhältnis überwachen.

[0020] Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Auswerteeinrichtungen 21, 24 und 25 Bestandteil einer Einrichtung 26 zur Steuerung und Regelung des in dem Mikrofluidik-System ablaufenden Prozesses. Das aus den Mikrofluidik-Bauteilen 11, 12 und 13 bestehende System ist dabei als Master ausgebildet, während die aus den Mikrofluidik-Bauteilen 14, 15, 16 bzw. 17, 18, 19 bestehenden Systeme als Slaves arbeiten. Die Mikrofluidik-Bauteile 11, 12, 13 des Masters sind mit einer vollständigen Sensorik 27 ausgestattet und melden die erfassten Prozesszustände an die Einrichtung 26. Gegenüber dem Master sind die Mikrofluidik-Bauteile 14, 15, 16 bzw. 17, 18, 19 der Slaves lediglich mit einer reduzierten Sensorik ausgestattet, was hier grob vereinfacht dadurch ausgedrückt ist, dass sie keine Prozesszustände an die Einrichtung 26 melden. Aufgrund der von der Sensorik 27 des Masters erfassten Prozesszustände erzeugt die Einrichtung 26 Steuerbefehle 28 gleichermaßen für die Mikrofluidik-Bauteile 11, 12, 13 des Masters wie auch für die Mikrofluidik-Bauteile 14, 15, 16 bzw. 17, 18, 19 der Slaves. In den Mikrofluidik-Bauteilen der Slaves werden somit dieselben Betriebszustände wie in denen des Masters eingestellt. Die Auswerteeinrichtungen 21, 24, 25 überwachen dann nur noch, ob die Betriebszustände in den Mikrofluidik-Bauteilen der Slaves von denen des Masters abweichen.

Patentansprüche

1. Mikrofluidik-System mit gleichartigen parallelen Fluidpfaden, dadurch gekennzeichnet, dass den einzelnen Fluidpfaden (5) an jeweils den gleichen Stellen Sensoren (7) zur Aufnahme einer durch den Fluidstrom

in den Fluidpfaden (5) beeinflussbaren physikalischen oder chemischen Größe zugeordnet sind und dass die Sensoren (7) an einer Auswerteeinrichtung (10) angeschlossen sind, die aus Abweichungen der von den Sensoren (7) erfassten Größen eine Veränderung des Betriebszustandes des Mikrofluidik-Systems diagnostiziert.

2. Mikrofluidik-System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Fluidpfade parallele Mikrokanäle (5) eines Mikrofluidik-Bauteils (1) sind.

3. Mikrofluidik-System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Fluidpfade jeweils fluidführende Strukturen in gleichartigen parallelgeschalteten Mikrofluidik-Bauteilen (11 bis 19) sind.

4. Mikrofluidik-System nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoren (7) an den jeweils gleichen Stellen Drücke in den Fluidpfaden (5) erfassen.

5. Mikrofluidik-System nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoren (20) an den jeweils gleichen Stellen Temperaturen erfassen.

6. Mikrofluidik-System nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoren an den jeweils gleichen Stellen mechanische Spannungen erfassen.

7. Mikrofluidik-System nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Parallelschaltung von Mikrofluidik-Bauteilen (z. B. 11, 14, 17) jeweils ein Mikrofluidik-Bauteil (11) als Master und die übrigen parallelen Mikrofluidik-Bauteile (14, 17) als Slaves arbeiten, wobei die Slaves jeweils eine gegenüber dem Master reduzierte Sensorik aufweisen und die an den Sensoren (20) angeschlossene Auswerteeinrichtung (21) Veränderungen des Betriebszustandes der Slaves gegenüber dem des Masters diagnostiziert.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

40

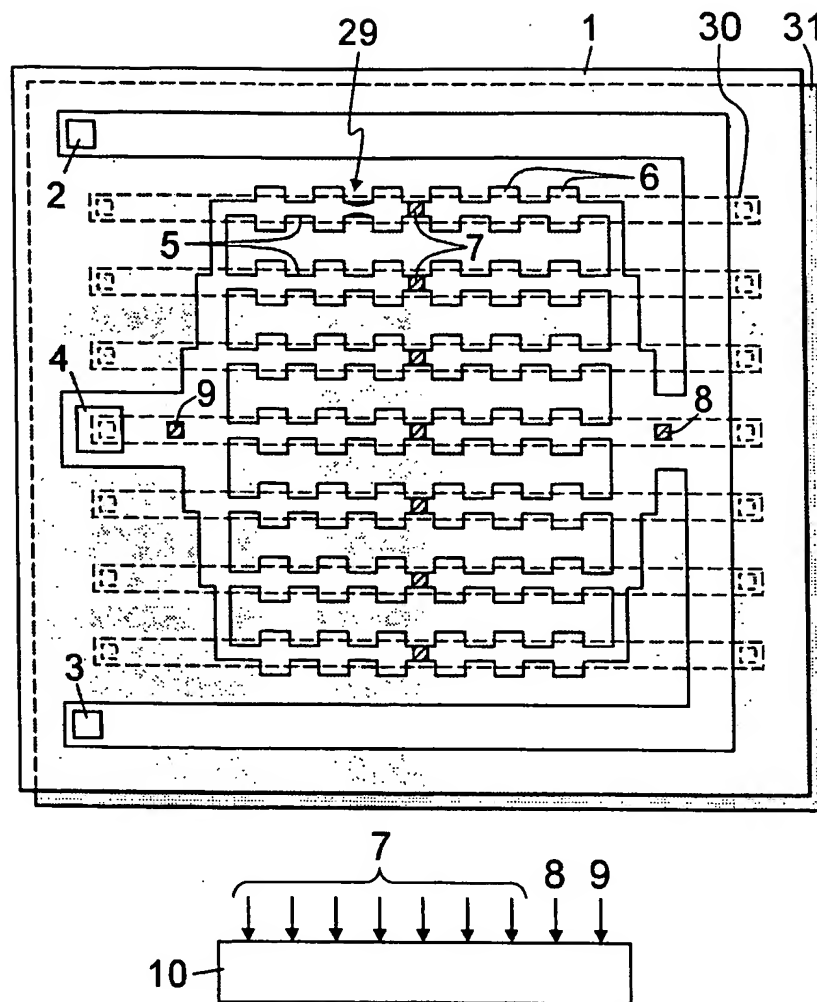
45

50

55

60

65



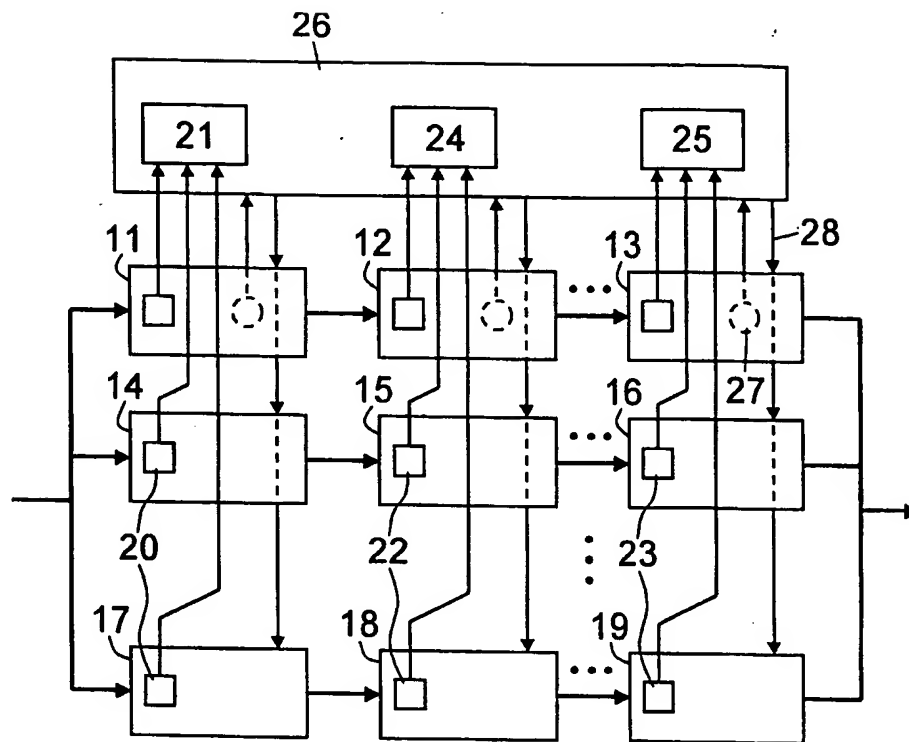


FIG. 2